

Trabajo Práctico Unidad 3: Control en el Espacio de Estado

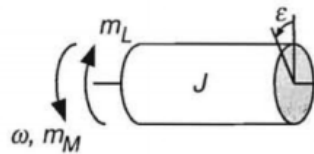
Preparó: Verónica Vallejos / Rev.: Ing. Gabriel Julián

Ejercicios: Realimentación de Estado

1. Obtener el modelo matemático del sistema rotacional 1 g.d.l. (estado: velocidad y posición; acción de control: torque) con Realimentación de Estado.

Verificar la Controlabilidad del sistema. Determinar la matriz de ganancia de realimentación de estado para que los polos del sistema se ubiquen en: $s = -10 + j4$ $s = -10 - j4$

Graficar el diagrama de bloques y realizar la simulación en Simulink.



Con los siguientes parámetros:

$$J = 1 \text{ kg m}^2$$
$$b = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}}$$

2. La siguiente planta está dada por:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u$$

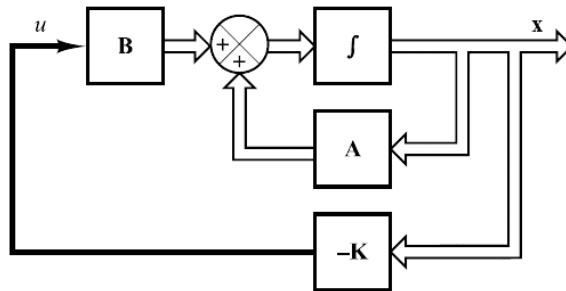
Donde

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -5 & -6 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

El sistema usa el control mediante realimentación del estado $u = -Kx$. Se escogen los polos en lazo cerrado en:

$$s = -2 + j4, \quad s = -2 - j4, \quad s = -10$$

Determine la matriz de ganancias de realimentación del estado K.



3. Para el mismo sistema del ejercicio anterior, utilizando un control mediante realimentación del estado $u = -Kx$, se pretende que los polos en lazo cerrado estén en:

$$\mu_1 = -2 + j4, \quad \mu_2 = -2 - j4, \quad \mu_3 = -10$$

Determine la matriz de ganancias de realimentación del estado K con MATLAB con la función `acker()` y la función `place()`.

4. Para el mismo sistema del ejercicio anterior con la matriz de ganancia que calculó, obtenga la respuesta del sistema a la siguiente condición inicial, utilizando MATLAB.

$$x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para obtener la respuesta a la condición inicial dada $x(0)$, se sustituye $u = -Kx$ en la ecuación de la planta y se obtiene:

$$\dot{x} = (A - BK)x, \quad x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

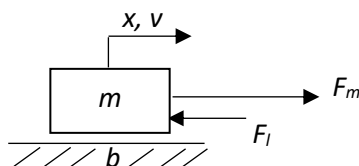
Ejercicios: Servosistemas:

5. Diseño de servosistema tipo 1 (Traslación):

Determinar la ecuación en el espacio de estado de un Sistema de 1 g.d.l. de Traslación cuyo estado son velocidad y posición (planta tipo 1); y cuya acción de control es la fuerza aplicada a la masa.

Realizar retroalimentación de estado para control de posición.

Dibujar el diagrama de bloques y realizar la simulación en Simulink con condiciones iniciales nulas.



Con los siguientes parámetros:

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$b = 1 \frac{Nm}{m/s}$$

Parámetros del control realimentado:

$$\omega_{ncl} = 6 \text{ rad/s}$$

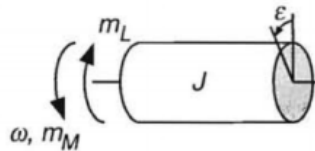
$$\xi = 0,7$$

6. Diseño de servosistema tipo 1 (Rotación):

Determinar la ecuación en el espacio de estado de un Sistema de 1 g.d.l. de Rotación cuyo estado son velocidad y posición (planta tipo 1); y cuya acción de control es la fuerza aplicada a la masa.

Realizar retroalimentación de estado para control de posición.

Dibujar el diagrama de bloques y realizar la simulación en Simulink con condiciones iniciales nulas.



Con los siguientes parámetros:

$$J = 1 \text{ kg m}^2$$

$$b = 1 \frac{Nm}{\text{rad/s}}$$

Parámetros del control realimentado:

$$\omega_{ncl} = 3 \text{ rad/s}$$

$$\xi = 0,7$$

7. Planta tipo 0: Sist. 1 g.d.l. Rotación.

Realizar el control de velocidad, considerando como estados la velocidad y posición. La acción de control es el torque.

Utilizar un esquema de control PI (proporcional-integral). Calcular las ganancias del controlador para:

$$\omega_{ncl} = 3 \text{ rad/s}$$

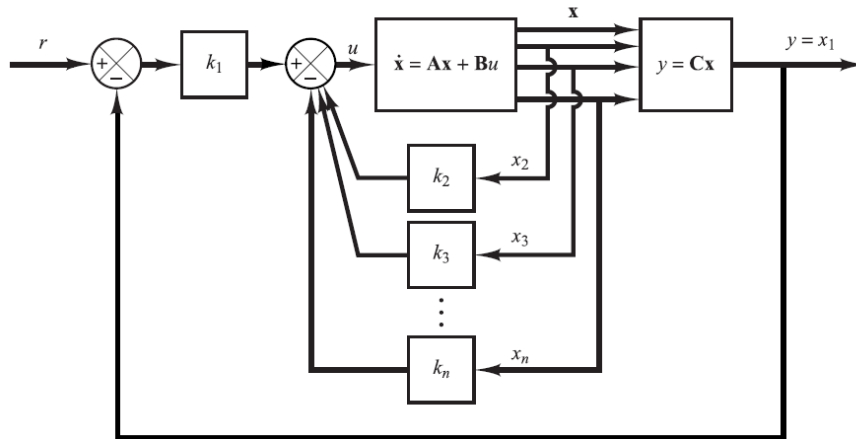
$$\xi = 0,7$$

8. Diseñe un servosistema de tipo 1 cuando la función de transferencia de la planta tiene un integrador. Suponga que la función de transferencia de la planta se obtiene mediante:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

Los polos en lazo cerrado son $s = -2 \pm j2\sqrt{3}$ y $s = -10$.

Suponga que la configuración del sistema es la misma que la que se muestra en la siguiente figura y que la entrada de referencia r es una función escalón. Obtenga la respuesta a un escalón unitario del sistema diseñado.



Defina las variables de estado x_1 , x_2 y x_3 del modo siguiente:

$$\begin{aligned} x_1 &= y \\ x_2 &= \dot{x}_1 \\ x_3 &= \dot{x}_2 \end{aligned}$$

Ejercicios: Observador de orden completo

9. Considere un sistema rotacional de 1 g.d.l. cuyos estados son velocidad y posición; la acción control es el torque. Diseñe un Observador para este servosistema tipo 1 realice la simulación en Simulink.

Con los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} J &= 1 \text{ kg m}^2 \\ b &= 1 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \end{aligned}$$

Parámetros del control realimentado:

$$\begin{aligned} \omega_{ncl} &= 6 \text{ rad/s} \\ \xi &= 0,7 \end{aligned}$$

Condiciones iniciales:

$$\begin{aligned} \omega_o &= 0 \text{ rad/s} \\ \theta &= 1 \text{ rad} \end{aligned}$$

Con los siguientes parámetros del observador:

$$J = 1 \text{ kg m}^2$$

$$b = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}}$$

Polo del observador:

$$p_{obs} = 5 * \omega_n \text{ cl}$$

10. Sea el sistema

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$$

$$y = \mathbf{Cx}$$

Donde

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 20.6 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = [0 \quad 1]$$

Se utiliza la realimentación de estado observada tal que $u = -\mathbf{Kx}'$.

Diseñe un observador de estado de orden completo suponiendo que la configuración del sistema es idéntica a la que se observa en la figura anterior. Suponga que los valores propios deseados de la matriz del observador son

$$\mu_1 = -10, \quad \mu_2 = -10$$

El diseño del observador de estado se reduce a la determinación de una matriz de ganancias del observador $\mathbf{K}_e$ apropiada.

Antes verifique que el sistema sea completamente observable.

11. Considere el diseño de un sistema regulador para la planta siguiente:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$$

$$y = \mathbf{Cx}$$

Donde

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 20.6 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = [1 \quad 0]$$

12. Diseñar Control por Realimentación de Estado con Observador:

Suponga que se utiliza el método de asignación de polos para el diseño del sistema y que los polos en lazo cerrado deseados para este sistema están en:

$$\mu_1 = -1.8 + j2.4 \text{ y } \mu_2 = -1.8 - j2.4$$

Obtenga la matriz de ganancias de realimentación del estado

Suponga que se usa el control por realimentación del estado observado en lugar del control mediante realimentación del estado real, donde los polos del observador se escogen en:

$$s = -8, \quad s = -8$$

Obtenga la matriz de ganancias del observador K_e y dibuje un diagrama de bloques para el sistema de control mediante realimentación del estado observado.

A continuación obtenga la función de transferencia $U(s)/[.Y(s)]$ para el controlador-observador y dibuje otro diagrama de bloques con el controlador observador como un controlador serie en el camino directo.

Finalmente, obtenga la respuesta del sistema a la siguiente condición inicial:

$$\mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{e}(0) = \mathbf{x}(0) - \hat{\mathbf{x}}(0) = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix}$$